

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-007993

(43)Date of publication of application : 10.01.2003

(51)Int.Cl.

H01 L 27/14

H01 L 21/76

H01L 31/10

(21)Application number : 2001-193079

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 26.06.2001

(72)Inventor : FUJII YOSHIMAROU

OKAMOTO KOJI

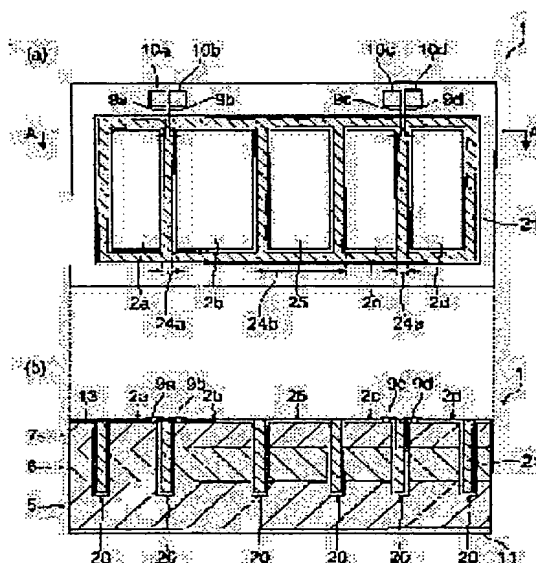
SAKAMOTO AKIRA

(54) PHOTODETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the occurrence of light crosstalk due to recessed and projected sections formed in the light incoming area of a photodetector.

SOLUTION: The photodetector 1 is provided with a semiconductor substrate 5, and a plurality of photodiodes 2a-2d formed and arranged at desired positions on the substrate 5. Trench grooves 20 are respectively formed around the photodiodes 2a-2d, and an interchannel area is formed at a place where the interval between photodiodes is large. Since no broad trench groove is formed, the formation of recessed sections or projected sections in the upper surface sections of the grooves 20 can be suppressed in a step of packing a filler 21 in the grooves 20.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-7993

(P2003-7993A)

(43) 公開日 平成15年1月10日 (2003.1.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマト* (参考)

H 0 1 L 27/14

H 0 1 L 27/14

D 4 M 1 1 8

21/76

31/10

A 5 F 0 3 2

31/10

21/76

L 5 F 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-193079 (P2001-193079)

(22) 出願日 平成13年6月26日 (2001.6.26)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 藤井 義磨郎

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(72) 発明者 岡本 浩二

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

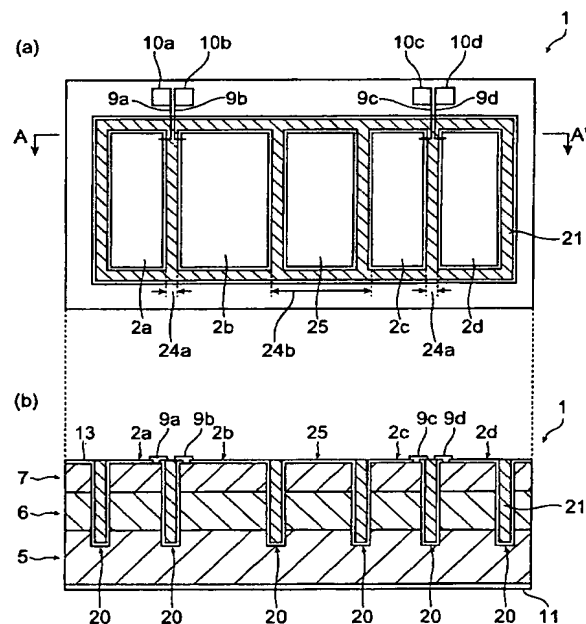
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光検出素子

(57) 【要約】

【課題】 光検出素子の光入射領域に形成された凹凸部に起因する光のクロストークの発生、を抑制することが可能となる。

【解決手段】 本発明による光検出素子1は、半導体基板5と、半導体基板5上の所望の位置に形成・配列された複数のホトダイオード2a~2dとを備えた光検出素子1であって、各ホトダイオード2a~2dの周囲にはそれぞれトレンチ溝20が形成され、隣接するホトダイオード間の間隔の大きい箇所においては、チャンネル間エリアが形成されていることを特徴とする。これにより、幅の広いトレンチ溝が形成されることがないため、充填材21を充填する工程において、トレンチ溝20の上面部における凹部又は凸部が形成されることを抑制することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に、前記半導体基板よりも低キャリア濃度の半導体光電変換層が形成され、その上面に前記半導体光電変換層よりも高キャリア濃度であって前記半導体基板と反対導電型の半導体導電領域が配置されることにより、前記半導体基板上にホトダイオードが形成された光検出素子において、

前記半導体基板上に設定される複数の光検出エリアのうち、少なくとも二つの前記光検出エリアの間には、それぞれに隣接しかつ所定の三次元的広がりを持つ面状のチャンネル間エリアが設定され、

前記半導体光電変換層及び前記半導体導電領域を含む前記半導体基板の半導体層には、前記光検出エリアと前記チャンネル間エリアの境界、及び前記各光検出エリアが互いに隣接している箇所にあってはそれらの間のチャンネル間ライン、に沿うようにトレンチ溝が形成されると共に、前記トレンチ溝には充填材が充填され、

前記光検出エリアの前記半導体光電変換層及び前記半導体導電領域を含む半導体層が、前記ホトダイオードとして機能させられていることを特徴とする光検出素子。

【請求項 2】 前記複数の光検出エリアは前記半導体基板上でアレイ状に設定され、前記チャンネル間エリアは少なくとも二箇所に設定され、いずれか一つの前記チャンネル間エリアは他のいずれか一つの前記チャンネル間エリアより広い請求項 1 に記載の光検出素子。

【請求項 3】 前記充填材は遮光性樹脂を含む請求項 1 又は 2 に記載の光検出素子。

【請求項 4】 前記半導体導電領域は前記各光検出エリアの周縁部に囲まれた部分に形成され、前記半導体導電領域と前記半導体光電変換層との接合界面は前記半導体基板の半導体層の上面に位置している請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 5】 前記半導体導電領域は前記光検出エリアの全面に形成され、前記半導体導電領域と前記半導体光電変換層との接合界面は前記トレンチ溝の内壁面に位置している請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 6】 前記トレンチ溝は前記半導体基板まで達している請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 7】 前記チャンネル間エリアは遮光性樹脂により被覆されている請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 8】 前記トレンチ溝に充填された充填材の上には、前記半導体導電領域に接続された配線が設けられている請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 9】 前記チャンネル間エリアの前記半導体導電領域は、接地電位に接続されている請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載の光検出素子。

【請求項 10】 半導体基板上に、この半導体基板より

も低キャリア濃度の半導体光電変換層を結晶成長する第 1 工程と、

前記半導体光電変換層の上面に、この半導体光電変換層よりも高キャリア濃度であって前記半導体基板と反対導電型の半導体導電領域を形成する第 2 工程と、

光検出エリアとチャンネル間エリアの境界、及びチャンネル間ラインに沿うように、前記半導体光電変換層及び前記半導体導電領域を含む前記半導体基板の半導体層にトレンチ溝を形成する第 3 工程と、

前記トレンチ溝に充填材を充填する第 4 工程と、を含み、

前記半導体基板上に設定される複数の前記光検出エリアのうち、少なくとも二つの間には、それぞれに隣接しかつ所定の三次元的広がりを持つ面状のチャンネル間エリアが設定されていることを特徴とする光検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数のホトダイオードが形成された光検出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 特開昭 62-33454 号公報は、複数のホトダイオードが配列されたホトダイオードアレイについて開示している。各ホトダイオードの間には、素子分離用のトレンチ溝が形成されており、これにより、各ホトダイオード間で光のクロストークが発生するのを抑制している。複数のホトダイオードは同一のピッチで配列されるとは限らず、例えば、粒度分布検出器、分光分析器などでは、異なるピッチで複数のホトダイオードが配列されたホトダイオードアレイ、が使用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような異なる間隔で配列された複数のホトダイオードからなるホトダイオードアレイを作製する場合、ホトダイオード間の間隔に合わせた溝幅を有するトレンチ溝を形成すると、製造工程上、その溝深さまで変化してしまう、という現象が生じていた。即ち、溝幅を大きくすると深いトレンチ溝が形成され、小さくすると浅いトレンチ溝が形成されていた。このような異なる溝幅、溝深さを有するトレンチ溝（特に、溝幅の広いトレンチ溝）に遮光性材料などを充填してホトダイオードアレイを形成すると、充填した遮光性材料の上面が凹部又は凸部になった状態で形成されることが多かった。このような凹凸部は光のクロストークを発生させる原因となっていた。そこで、本発明は、所望の位置に複数のホトダイオードが形成された光検出素子であって、これらの各ホトダイオード間で光のクロストークが発生することが抑制された光検出素子、を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記したような課題を解

決するため、本発明による光検出素子は、半導体基板上に、半導体基板よりも低キャリア濃度の半導体光電変換層が形成され、その上面に半導体光電変換層よりも高キャリア濃度であって半導体基板と反対導電型の半導体導電領域が配置されることにより、半導体基板上にホトダイオードが形成された光検出素子において、半導体基板上に設定される複数の光検出エリアのうち、少なくとも二つの光検出エリアの間には、それぞれに隣接しかつ所定の三次元的広がりをも有する面状のチャンネル間エリアが形成され、半導体光電変換層及び半導体導電領域を含む半導体基板上の半導体層には、光検出エリアとチャンネル間エリアの境界、及び各光検出エリアが互いに隣接している箇所にあつてはそれらの間のチャンネル間ライン、に沿うようにトレンチ溝が形成されると共に、トレンチ溝には充填材が充填され、光検出エリアの半導体光電変換層及び半導体導電領域を含む半導体層が、ホトダイオードとして機能させられていることを特徴とする。このような光検出素子によれば、光検出エリアの間にチャンネル間エリアが形成された箇所では、幅の広いトレンチ溝が形成されることがない。これにより、充填材を充填したトレンチ溝の上面部において、凹部又は凸部が形成されることを抑制することが可能となる。なお、「隣接している箇所にあつては」とは、隣接している箇所が光検出素子の中に必ず存在する、ということの意味するものではない。

【0005】複数の光検出エリアは半導体基板上でアレイ状に設定され、チャンネル間エリアは少なくとも二箇所設定され、いずれか一つのチャンネル間エリアは他のいずれか一つのチャンネル間エリアより広くてもよい。

【0006】充填材は遮光性樹脂を含むことが望ましい。これにより、各光検出エリア間における光のクロストークを抑制することが可能となる。

【0007】光検出素子としては、半導体導電領域が各光検出エリアの周縁部に囲まれた部分に形成され、半導体導電領域と半導体光電変換層との接合界面が半導体基板上の半導体層の上面に位置しているものであってもよい。

【0008】また、光検出素子としては、半導体導電領域が光検出エリアの全面に形成され、半導体導電領域と半導体光電変換層との接合界面がトレンチ溝の内壁面に位置しているものであってもよい。このようにトレンチ溝を形成することにより、各ホトダイオードは互いに素子分離される。

【0009】トレンチ溝は半導体基板まで達していることが望ましい。これにより、各ホトダイオードにおいて発生したキャリアが、隣接するホトダイオード又はチャンネル間エリアへと移動するのを更に抑制することが可能となる。

【0010】チャンネル間エリアは遮光性樹脂により被覆されていることが望ましい。これにより、チャンネル間エ

リアへの光の入射が防止されるため、隣接する各ホトダイオードへの光の染み出しを防止することが可能となる。

【0011】トレンチ溝に充填された充填材の上には、半導体導電領域に接続された配線が設けられていてもよい。これにより、直下領域にはホトダイオードが存在しないため、配線から電磁波として出力されるノイズがホトダイオードへと入射されることが抑制される。

【0012】チャンネル間エリアの半導体導電領域は、接地電位に接続されていることが望ましい。これにより、チャンネル間エリアで発生した電荷は隣接するホトダイオードに対し悪影響を及ぼすことがない。

【0013】本発明による光検出素子の製造方法は、半導体基板上に、この半導体基板よりも低キャリア濃度の半導体光電変換層を結晶成長する第1工程と、半導体光電変換層の上面に、この半導体光電変換層よりも高キャリア濃度であって半導体基板と反対導電型の半導体導電領域を形成する第2工程と、光検出エリアとチャンネル間エリアの境界、及びチャンネル間ラインに沿うように、半導体光電変換層及び半導体導電領域を含む半導体基板上の半導体層にトレンチ溝を形成する第3工程と、トレンチ溝に充填材を充填する第4工程と、を含み、半導体基板上に設定される複数の光検出エリアのうち、少なくとも二つの間には、それぞれに隣接しかつ所定の三次元的広がりをも有する面状のチャンネル間エリアが形成されていることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面に従って本発明の実施形態に係る光検出素子及びその製造方法について説明する。なお、以下の説明では、同一または相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0015】図1(a)は、第1実施形態に係る光検出素子の平面図である。図1(b)は、図1(a)に示す光検出素子のA-A'線に沿う側面断面図である。図2は、図1(b)に示す光検出素子の部分拡大図である。光検出素子1は、半導体基板5と、4つのホトダイオード2a~2dと、チャンネル間エリア25とを主な構成要素とする。

【0016】図1(b)に示されるように、光検出エリアであるホトダイオード2a~2dは、それぞれ半導体基板5上に形成されたn型半導体層6(半導体光電変換層)と、n型半導体層6上に形成されたp型半導体層7(半導体導電領域)とから構成されている。半導体基板5、n型半導体層6、p型半導体層7、についての構成材料、不純物濃度、層厚さは、表1に示す通りである。半導体基板5は高キャリア濃度n型半導体で、この上に低キャリア濃度のn型半導体層6、更にこの上に高キャリア濃度p型半導体層7が順に形成されている。p型半導体層7とn型半導体層6の境界はpn接合部8が形成されている(図2参照)。

【表1】

半導体基板5:		
材料	n型Si	
不純物濃度	$5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$	
厚み	350 μm	
n型半導体層6:		
材料	n型Si	
不純物濃度	$5 \times 10^{12}/\text{cm}^3$	
厚み	4.5 μm	
p型半導体層7:		
材料	n型Si	
不純物濃度	$1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$	
厚み	0.5 μm	

【0017】pn接合部8では、低キャリア濃度のn型半導体層6と高キャリア濃度のp型半導体層7とが接しているため、pn接合部8の界面からn型半導体層6側に広がり、このn型半導体層6が光吸収層として機能する。なお、これらの導電型は反転してもよい。光検出素子1の各ホットダイオード2a～2dの光入射領域は、絶縁膜13（熱酸化膜としてのシリコン酸化膜又は窒化シリコン）により被覆されている。

【0018】4つのホットダイオード2a～2dそれぞれの周囲には、溝幅32を有するトレンチ溝20が形成されている。このトレンチ溝20の溝幅は、後述するような凹凸部が形成されにくい範囲（1～10 μm ）に設定されている（所定範囲の溝幅に形成されていることの利点についても後述する）。トレンチ溝20の内面にも絶縁膜23が形成されている。絶縁膜23は上記した絶縁膜13と同一で、これらは連続して形成されている。トレンチ溝20の内面に形成されたこの絶縁膜23は、トレンチ溝20内での暗電流を抑制すると共に、pn接合部8を保護するという効果もある。

【0019】第1実施形態による光検出素子1においては、ホットダイオード2a～2dはこのトレンチ溝20によって素子分離されている（トレンチ分離）。特に、このトレンチ溝20は、図2に端的に示されているように、半導体基板5にまで達している。これにより、各ホットダイオードにおいて発生したキャリアが、隣接するホットダイオード又はチャンネル間エリアへと移動すること、即ち、キャリアのクロストークを、抑制することが可能となっている。この溝は深いほどキャリアのクロストーク抑制効果は大きくなる。

【0020】また、このトレンチ溝20には、遮光性樹脂（例：感光性樹脂内に絶縁コートされたカーボン微粒子を混在させた黒色レジスト等の絶縁性樹脂）21が充填されており、これにより各ホットダイオード間における光のクロストークを更に抑制することが可能となっている。なお、この充填材を埋設することにより光検出素子1全体に対して強度が与えられる、という効果もある。

【0021】第1実施形態による光検出素子1では、各

ホットダイオードが異なる間隔で配列・形成されている。即ち、ホットダイオード2aとホットダイオード2bとの間の間隔24a（5 μm ）と、ホットダイオード2cとホットダイオード2dとの間の間隔24b（50 μm ）は異なっている。間隔24bは間隔24aより大幅に大きく、またトレンチ溝20は所定範囲の溝幅32で形成されるため、ホットダイオード2bとホットダイオード2cとの間には、ホットダイオードとして機能しないチャンネル間エリア25が形成されている（これに対して、二つのホットダイオードが互いに隣接して配置されている場合、この間をチャンネル間ラインと呼ぶ）。

【0022】また、異なる間隔で配列されたホットダイオード2a～2dからなる光検出素子1は、同様に異なる間隔で発光された光群に対応することが可能となる。例えば、粒度分布検出器や分光分析器等に用いられる光検出素子では、複数のホットダイオード2a～2dがある所定の異なる間隔で配列される。

【0023】図1（a）、1（b）に示すように、光検出素子1には、裏面電極11及び上面電極10a～10dが形成されている。裏面電極11は、光検出素子1の底面に形成され、高キャリア濃度n型半導体である半導体基板5を介して、複数のホットダイオード2a～2dの各n型半導体層6に対して接続されている。

【0024】上面電極10a～10dは、光検出素子1の上面に形成され、配線9a～9dを介して、複数のホットダイオード2a～2dの各p型半導体層7に対してそれぞれ接続されている。図2に示すように、p型半導体層7を被覆する絶縁膜13にはコンタクトホール14a～14dが形成されている。配線9a～9dの一方の端部は、このコンタクトホール14a～14dを貫通してp型半導体層7に接続されており、配線9a～9dの他方の端部は、上面電極10a～10dに接続されている。逆バイアス電圧を印加し、pn接合部8に形成された空乏層に光を吸収させることにより発生した電流は、上面電極10a～10d及び裏面電極11から取り出される。

【0025】図3（a）～3（d）、図4（a）～4（d）、図5（a）、（b）は、それぞれ実施形態による光検出素子の各製造工程を示す図である。光検出素子1の製造にあたっては、図3（a）に示すように、まず厚さ350 μm の半導体基板5上にエピタキシャル成長法を用いて厚さ約5 μm のn型半導体層6を形成する。

【0026】次に図3（b）に示すように、n型半導体層6の露出表面側からp型不純物としてB（ボロン）を拡散又はイオン注入によって添加し、n型半導体層6の表層部の導電型をp型にさせてここに厚さ0.5 μm のp型半導体層7を形成する。従って、n型半導体層6の厚さは4.5 μm となる（図では、わかり易くするため、半導体基板5、n型半導体層6、p型半導体層7は実際とは異なる厚さに描写してある）。この工程によっ

10

20

30

40

50

てpn接合8を有するホトダイオードが形成される。

【0027】次に図3(c)に示すように、酸化性雰囲気中で熱処理を行うことによりp型半導体層7の表面を熱酸化し厚さ0.1μmの絶縁膜13(SiO₂)を形成する。CVD法(化学的気相成長法)やスパッタ法などを用いて堆積してもよい。なお、この絶縁膜13は、SiN膜、SiO₂膜とSiN膜の複層であってもよい。

【0028】次に図3(d)に示すように、ICP(誘導結合プラズマ)エッチングにより、所定の位置に、溝幅32:5μm、溝深さ33:15μmのトレンチ溝20を形成する。トレンチ溝20の溝幅32及び溝深さ33は全て同一に形成される。エッチングは、ホトリソグラフィ技術を用いて絶縁膜13上にマスクパターンを形成し、絶縁膜を除去した後に行われる。このトレンチ溝20は、半導体基板5とn型半導体層6との境界面から半導体基板5へと10μm食い込んだ深さに形成される。このICP(誘導結合プラズマ)エッチングでは、微細な加工が可能であるためトレンチ溝13の溝幅32を狭く形成することも可能となる。

【0029】次に、図4(a)に示すように、酸化性雰囲気中で熱処理(800℃~1100℃)を行うことにより、図3(d)に示す工程によって露出した半導体層表面(Si)を熱酸化して絶縁膜23を形成する。なお、この絶縁膜23は、図3(c)に示す工程で形成した絶縁膜13と同一のものが使用され、かつ互いに連続するように設けられる。

【0030】次に図4(b)に示すように、図3(d)に示す工程によって形成されたトレンチ溝20に遮光性樹脂21を充填する。この充填工程は、スピンコート法によって行われる。スピンコート法では、回転するプリフォーム基板50の上面50aに遮光性樹脂21を供給し、遠心力によりプリフォーム基板50の上面50aの全体に広げさせる。なお、充填工程としては、スクリーン印刷法を採用することも可能である。

【0031】次に図4(c)に示すように、トレンチ溝20に充填された遮光性樹脂21をプリベークした後、光入射領域をフォトエッチング除去する。遮光性樹脂21を硬化させて、最後に図4(d)に示すように、配線9a~9d(Al又はAu)、ワイヤボンディング用上面電極10a~10d(Al)、裏面電極11(Au)をスパッタリング法又は蒸着法により形成し、光検出素子1が完成する。なお、図4(c)、4(d)に示す工程について、図5(a)に示すように、ホトリソグラフィ技術でパターンを形成した後、トレンチ溝上及びその周辺の遮光性樹脂21を残すように、エッチングしてもよい。この場合、上面電極10a~10d及び配線9a~9d、裏面電極11については、図5(b)に示すように形成される。

【0032】図6(a)、図6(b)は、本発明による光検出素子の作用効果を示す図である。図6(a)、図

6(b)には、図3(d)に示す製造工程において、ホトダイオード2bと2cとの間に幅の広い溝幅32、溝深さ33を有するトレンチ溝20を形成して作製された光検出素子101、201が示されている。更に、図6(a)は、図4(b)に示す製造工程で遮光性樹脂21をスピンコート法により充填させて作製した光検出素子101、を示している。

【0033】図6(a)から明かなように、光検出素子101では、溝深さ33が広く形成されたトレンチ溝20に充填された遮光性樹脂21は、その上面において凹部80が形成されている。スピンコート法の場合、幅の広いトレンチ溝21に充填された遮光性樹脂21は、回転によって飛散してしまうため、このような凹部80が形成されてしまう。凹部80は、光の乱反射を発生させることから、光のクロストークの原因となっていた。

【0034】また、このような凹部80、図5(a)に示す製造工程(後工程として)において、ホトリソグラフィ技術でのパターンニングの際に障害となるという不具合もある。

【0035】本実施形態による光検出素子1では、チャネル間エリア25を形成するようにトレンチ溝20が形成されているため(所定範囲の溝幅にすることにより必然的にチャネル間エリア25は形成される)、幅の広いトレンチ溝は形成されない。これにより、スピンコート法により充填する場合には、回転による透光性樹脂21の飛散を抑制することが可能となる。このように、光検出素子1では、トレンチ溝20に充填される遮光性樹脂21の上面には、凹凸部が形成されにくいものとなっている。これにより、各ホトダイオード間での光のクロストークが抑制されたものとなっている。また、上記したように後工程に悪影響を与えることもない。

【0036】図7(a)は、第2実施形態に係る光検出素子の平面図である。図7(b)は、図7(a)に示す光検出素子のA-A'線に沿う側面断面図である。光検出素子301では、ホトダイオード2a~2dの各光入射領域を除いた領域は、遮光性樹脂321で被覆されている。従って、第1実施形態に係る光検出素子1では露出していたチャネル間エリア25は、第2実施形態による光検出素子301では遮光性樹脂321により被覆され、露出していない。これにより、チャネル間エリア25への光の入射を防止し、隣接するホトダイオード2b、2cへの光の染みだしを防止し、光のクロストークを更に抑制することが可能となる。

【0037】図8は、第3実施形態に係る光検出素子の側面断面図である。光検出素子401では、チャネル間エリア25が配線485を介して接地電位に接続されている。チャネル間エリア25上の絶縁膜13には、チャネル間エリア25のp型半導体層7への電氣的接続を可能にするようなコンタクトホール484が形成されている。配線485の一端は、このコンタクトホール484

を貫通してチャネル間エリア 25 の p 型半導体層 7 に接続され、配線 485 の他端は、接地電位に接続されている。このような構成により、チャネル間エリア 25 で発生するキャリアは、配線 485 を通して逃げるため、隣接するホットダイオード 2b, 2c に対し悪影響を及ぼすことのないものとなっている。

【0038】図 9 は、第 4 実施形態に係る光検出素子の側面断面図である。光検出素子 501 は、選択拡散により局所的に複数のホットダイオード 502a~502d が形成された光検出素子である。p 型半導体層 507（半導体導電領域）は光検出エリアの周縁部に囲まれた部分に形成されている。n 型半導体層 506（半導体光電変換層）と p 型半導体層 507 との接合界面は、半導体基板 5 上の半導体層の上面に位置している。

【0039】各ホットダイオード 502a~502d の間には同一幅のトレンチ溝 20 が形成されている。光検出素子 501 における各ホットダイオードは、既に素子分離されているため、このトレンチ溝 20 は、トレンチ分離としてではなく、キャリアのクロストーク及び光のクロストークを更に抑制するという目的で設けられている。第 4 実施形態に示すような光検出素子 501 では、ホットダイオード 502b とホットダイオード 502c との間は間隔が大きい、この間にはチャネル間エリア 525 が形成されている（所定範囲幅のトレンチ溝 20 を形成することにより必然的にチャネル間エリア 525 が形成される）。これにより、そのまま間隔に合わせて幅の広いトレンチ溝 520 が形成されることがないため、トレンチ溝 520 の上面に凹部や凸部が形成されることがない。

【0040】図 10 (a) は、第 5 実施形態に係る光検出素子の平面図である。図 10 (b) は、図 10 (a) に示す光検出素子の A-A' 線に沿う側面断面図である。光検出素子 601 には、3 行 3 列のホットダイオード 602a~602i が 9 つ形成されている。各ホットダイオード 602a~602i の間には、トレンチ溝 620 により囲まれたチャネル間エリア 625 が形成されている。第 3 実施形態による光検出素子 401 と同様に、チャネル間エリア 625 の上面は、遮光性樹脂 621 により被覆されており、チャネル間エリア 625 への光の入射を防止している。

【0041】図 10 (a) に示すように、各ホットダイオード 602a~602i には配線 609a~609i の一端が接続されており、これら配線 602a~602i の他端は電極 610a~610i に接続されている。配線 609a~609i は、各ホットダイオード 602a~602i の間、即ちチャネル間エリア 625 上及びチャネル間エリア 625 の両側のトレンチ溝 620 上、を這うように設けられるため、ホットダイオードの数が増えればこの間に設けられる配線の数も増える。これによって、各ホットダイオード間の幅 630 を広くとる必要性が

生じてくるが、第 4 実施形態による光検出素子 601 では、幅 630 に合わせてトレンチ溝 620 を形成することではなく、図 6 で説明したような凹凸部が形成されることのない溝幅に合わせ、全てのトレンチ溝 620 を形成している（その結果として、チャネル間エリア 525 が形成されている）。これにより、トレンチ溝 620 に遮光性樹脂を充填する工程において凹凸部が形成されることを防止でき、光のクロストークが抑制された光検出素子 601 が形成される。

10 【0042】以上、本発明をその実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、本発明を実施するにあたって前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の請求項の範囲内に該当する発明の全ての変更を包含し、配置、構成、形状、サイズ、などについて変更が可能である。例えば、上記実施形態では、複数のホットダイオードの配置位置、配置間隔の例として、図 1, 図 9 に示す例を挙げたが、光検出素子の用途に応じて、各ホットダイオードの大きさ、ホットダイオード間の各間隔について、様々な大きさを有する光検出素子が考えられる。

20 【0043】

【発明の効果】本発明による光検出素子では、複数のホットダイオードのうち、少なくとも二つの前記ホットダイオードの間には、それぞれに隣接しかつ所定の三次元的広がりを持つチャネル間エリアが形成されるので、充填材を充填する工程において、トレンチ溝の上面部に凹部又は凸部が形成されることを抑制することが可能となる。更に、これにより、光検出素子の光入射領域に形成された凹凸部に起因する光のクロストークの発生、を抑制することが可能となる。

30 【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 (a) は、第 1 実施形態に係る光検出素子の平面図である。図 1 (b) は、図 1 (a) に示す光検出素子の A-A' 線に沿う側面断面図である。

【図 2】図 2 は、図 1 (b) に示す光検出素子の部分拡大図である。

【図 3】図 3 (a)~3 (d) は、それぞれ実施形態による光検出素子の各製造工程を示す図である。

【図 4】図 4 (a)~4 (d) は、それぞれ実施形態による光検出素子の各製造工程を示す図である。

40 【図 5】図 5 (a), (b) は、それぞれ実施形態による光検出素子の各製造工程を示す図である。

【図 6】図 6 (a)~6 (c) は、本発明による光検出素子の作用効果を示す図である。

【図 7】図 7 (a) は、第 2 実施形態に係る光検出素子の平面図である。図 7 (b) は、図 7 (a) に示す光検出素子の A-A' 線に沿う側面断面図である。

【図 8】図 8 は、第 3 実施形態に係る光検出素子の側面断面図である。

50 【図 9】図 9 は、第 4 実施形態に係る光検出素子の側面断面図である。

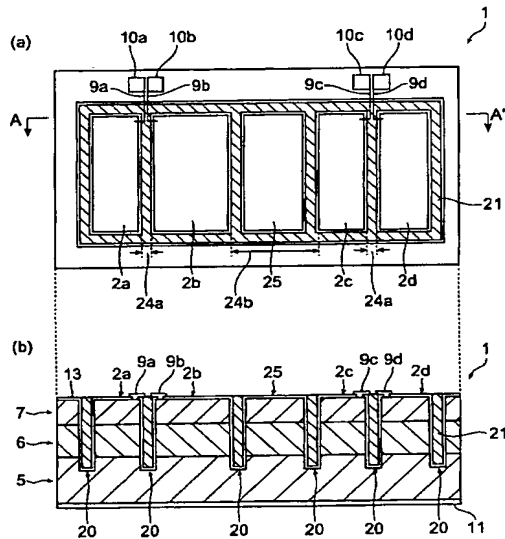
【図10】図10(a)は、第4実施形態に係る光検出素子の平面図である。図10(b)は、図10(a)に示す光検出素子のA-A'線に沿う側面断面図である。

【符号の説明】

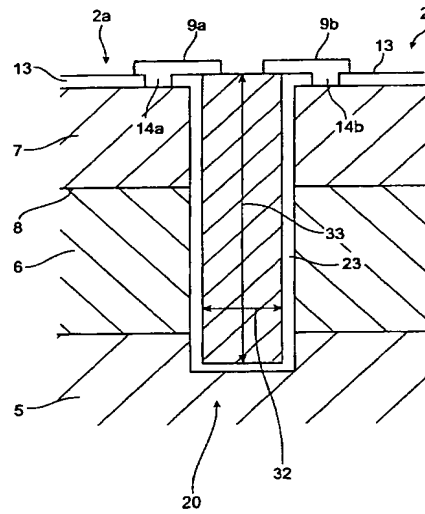
1, 101, 301, 401, 501…光検出素子、2

a~2d…ホットダイオード、5…半導体基板、6…n型半導体層、7…p型半導体層、8…pn接合部、9a~9d…配線、20…トレンチ溝、21…充填材（遮光性樹脂）、25…チャンネル間エリア。

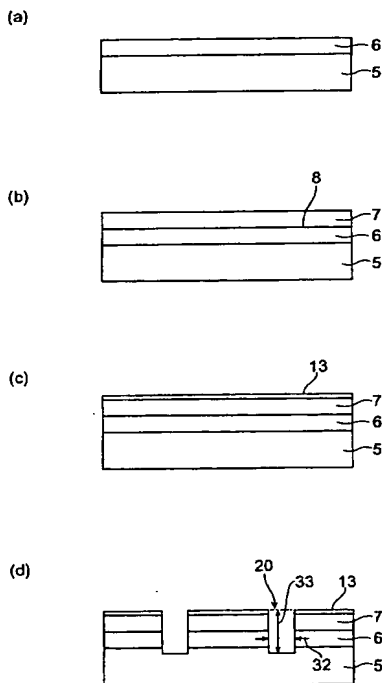
【図1】



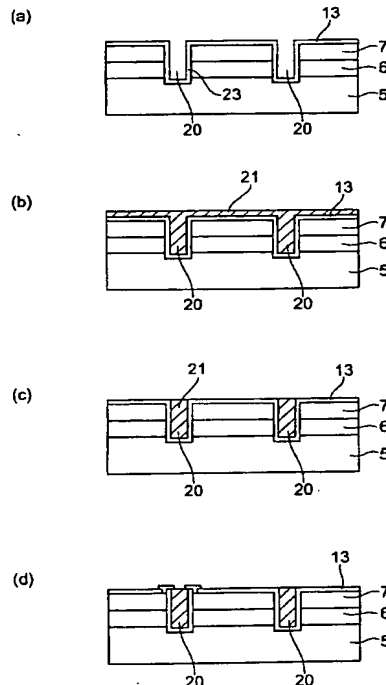
【図2】



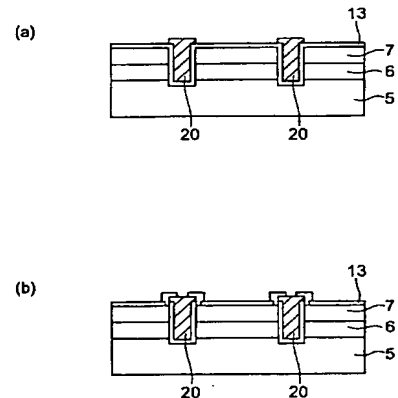
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 坂本 明
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

F ターム(参考) 4M118 AA05 BA06 BA30 CA03 CA25
CA40 EA20 FA27 FA28
5F032 AA35 AA45 AA50 AA66 AA69
CA21 DA09 DA10 DA25 DA53
5F049 MA01 NA08 NB07 QA03 QA20
RA02 RA04